

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-100921

(43)Date of publication of application : 14.04.2005

(51)Int.CI.

H05B 33/12  
H05B 33/14  
H05B 33/22

(21)Application number : 2004-019247

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 28.01.2004

(72)Inventor : KASHIWABARA MITSUHIRO

(30)Priority

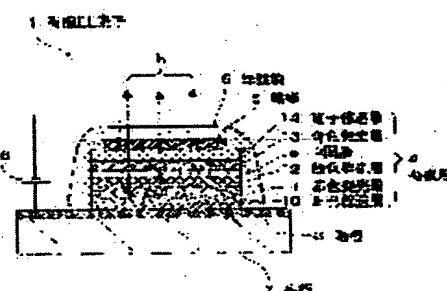
Priority number : 2003298269 Priority date : 22.08.2003 Priority country : JP

## (54) ORGANIC EL ELEMENT AND DISPLAY

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an organic EL element which provides in high brightness the emitted light components of three colors, red, green, and blue, which are well balanced and suitable for a full-color display.

**SOLUTION:** Between a positive electrode 3 and a negative electrode 5, a red light emitting layer 11, a green light emitting layer 12, and a blue light emitting layer 13 in this order are laminated, and an intermediate layer 'a' composed of an organic material is provided between the green light emitting layer 12 and the blue light emitting layer 13. The energy gap between HOMO-LUMO of the intermediate layer 'a' is larger than that of a blue light emitting material composing the blue light emitting layer 12. The intermediate layer 'a' has a positive hole transportability. When a display is constructed by using the organic EL element 1, a color filter is installed on the light taking-out side.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.03.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-100921

(P2005-100921A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>H05B 33/12  
H05B 33/14  
H05B 33/22

F 1

H05B 33/12  
H05B 33/12  
H05B 33/14  
H05B 33/22  
H05B 33/22

テーマコード(参考)

3K007

審査請求 未請求 請求項の数 10 O.L. (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2004-19247(P2004-19247)

(22) 出願日

平成16年1月28日(2004.1.28)

(31) 優先権主張番号

特願2003-298269(P2003-298269)

(32) 優先日

平成15年8月22日(2003.8.22)

(33) 優先権主張国

日本国(JP)

(71) 出願人

000002185  
ソニー株式会社  
東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人

100086298

弁理士 舟橋 國則

(72) 発明者

柏原 充宏

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニ一株式会社内

F ターム(参考) 3K007 AB02 AB04 BB06 CB01 DA06

DB03

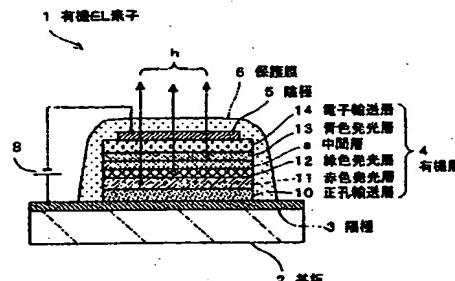
(54) 【発明の名称】有機EL素子および表示装置

## (57) 【要約】

【課題】フルカラーの表示装置に適したバランスの良好な赤、緑、青3色の発光成分が高輝度で得られる有機EL素子を提供する。

【解決手段】陽極3と陰極5との間に、赤色発光層11、緑色発光層12、青色発光層13をこの順に積層してなり、緑色発光層12と青色発光層13との間に有機材料からなる中間層aを設けた。中間層aのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップは、緑色発光層12を構成する緑色発光材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きい。また、中間層aは、正孔輸送性を有している。この有機EL素子1を用いて表示装置を構成する場合には、光取り出し面側にカラーフィルタを設ける。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

発光色が異なる複数の発光層を前記陽極と陰極との間に積層してなる有機EL素子において、

前記発光層間の少なくとも1箇所に有機材料からなる中間層を設けたことを特徴とする有機EL素子。

**【請求項 2】**

請求項1記載の有機EL素子において、

前記中間層のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップは、当該中間層に隣接して配置される発光層を構成する少なくとも1つの材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きいことを特徴とする有機EL素子。<sup>10</sup>

**【請求項 3】**

請求項1記載の有機EL素子において、

前記中間層は、正孔輸送性かつ電子阻止性または、電子輸送性かつ正孔阻止性を有していることを特徴とする有機EL素子。

**【請求項 4】**

請求項1記載の有機EL素子において、

前記陽極と陰極との間には、赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層されていることを特徴とする有機EL素子。<sup>20</sup>

**【請求項 5】**

請求項4記載の有機EL素子において、

前記陽極と陰極との間には、当該陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層され、少なくとも前記緑色発光層と青色発光層との間に正孔輸送性かつ電子阻止性を有する中間層が設けられていることを特徴とする有機EL素子。

**【請求項 6】**

請求項5記載の有機EL素子において、

前記正孔輸送性を有する中間層のLUMOのエネルギーレベルが緑色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことを特徴とする有機EL素子。<sup>30</sup>

**【請求項 7】**

請求項4記載の有機EL素子において、

前記陽極と陰極との間には、当該陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層がこの順に積層され、少なくとも前記赤色発光層と緑色発光層との間に正孔輸送性かつ電子阻止性を有する中間層が設けられていることを特徴とする有機EL素子。<sup>40</sup>

**【請求項 8】**

請求項7記載の有機EL素子において、

前記正孔輸送性を有する中間層のLUMOのエネルギーレベルが赤色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことを特徴とする有機EL素子。

**【請求項 9】**

発光色が異なる複数の発光層を前記陽極と陰極との間に積層してなる有機EL素子の光取り出し面側にカラーフィルタを設けてなる表示装置において、

前記有機EL素子は、前記発光層間の少なくとも1箇所に中間層を設けてなることを特徴とする表示装置。<sup>50</sup>

**【請求項 10】**

請求項 9 記載の表示装置において、前記有機 E L 素子は、前記陽極と陰極との間に赤色発光層、緑色発光層、青色発光層をこの順に積層させていることを特徴とする表示装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、陽極と陰極との間に発光層を有する有機層を狭持してなる有機 E L 素子、および有機 E L 素子を用いた表示装置に関する。 10

**【背景技術】****【0 0 0 2】**

近年、ブラウン管 (C R T) に代わる表示装置として、軽量で消費電力の小さいフラット表示装置 (ディスプレイ) の研究、開発が盛に行われている。このうち、無機 E L 素子や有機 E L 素子などの自発光型の表示素子 (いわゆる発光素子) を用いた表示装置は、低消費電力での駆動が可能な表示装置として注目されている。

**【0 0 0 3】**

このような発光素子を用いた表示装置をフルカラー化する構成の一つに、白色発光する有機 E L 素子と、青、緑、または赤の波長領域の光のみを透過させる各カラーフィルタを組み合わせた構成がある。また、白色発光する有機 E L 素子としては、正孔輸送層側から青色発光層、緑色発光層、赤色発光層を順次積層した 3 波長の発光成分を有する構成のものが開示されている (下記特許文献 1 参照)。 20

**【0 0 0 4】**

**【特許文献 1】** 特開平 10-3990 号公報 (特に図 1 参照)

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

しかしながら、上述した構成の白色発光有機 E L 素子は、青、緑、および赤の波長領域においての発光強度のバランスが十分ではなく、このような有機 E L 素子を用いても、C R T と同程度に色再現性の良好な表示装置を得ることはできなかった。 30

**【0 0 0 6】**

そこで本発明は、フルカラーの表示装置に適したバランスの良い発光成分の高輝度発光が可能な有機 E L 素子、およびこの有機 E L 素子を用いることにより色再現性に優れた表示が可能な表示装置を提供することを目的としている。

**【課題を解決するための手段】****【0 0 0 7】**

このような目的を達成するための本発明の有機 E L 素子は、発光色が異なる複数の発光層を陽極と陰極との間に積層してなる有機 E L 素子において、発光層間の少なくとも 1 箇所に有機材料からなる中間層を設けたことを特徴としている。

**【0 0 0 8】**

このような構成の有機 E L 素子では、発光層間に中間層を設けたことにより、各発光層において電荷の再結合によって生じた励起子のエネルギーが、発光層間を移動し難くなる。このため、このような励起子のエネルギーの移動による特定の発光層の発光効率の低下が防止される。したがって、各色の発光層における発光効率のバランスが維持される。 40

**【0 0 0 9】**

特に、上述した励起子のエネルギーは、最高占有分子軌道 (HOMO) - 最低非占有分子軌道 (LUMO) 間のエネルギーギャップが小さい材料が存在する層に移動し易く、これによりエネルギーギャップの大きい発光層の発光効率が低下する。このため、これらの発光層間に設けた中間層における HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップを、この中間層に隣接する発光層を構成する材料の HOMO-LUMO 間のエネルギーギャップより 50

も大きくすることが好ましい。これにより、発光層間において上述したエネルギーの移動が生じることが確実に防止される。また、中間層にエネルギーが移動してこの中間層においてエネルギーが放出されることもない。尚、中間層のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップは、この中間層に隣接する発光層を構成する全ての材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きくする必要はなく、上述した励起子のエネルギーが移動し易い程度にエネルギーギャップが小さい材料がある場合に、この材料よりも大きければ良い。ただし、中間層のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップが、隣接する発光層を構成する全ての材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きければ、上述した発光層間におけるエネルギーの移動は確実に防止されることになる。

10

## 【0010】

さらに、上記構成の有機EL素子では、それぞれの発光層に隣接する発光層を介して電子または正孔が輸送されることになる。このため、これらの発光層間に設けられる中間層を電子輸送性または正孔輸送性とすることが好ましい。これにより、隣接する発光層に対して電子または正孔が輸送され易くなる。したがって、陰極側に設けられた発光層の発光強度が弱い場合、この発光層の陽極側に正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けることにより、陰極側に設けられた発光層に輸送される正孔の量を増加させるとともに陽極側に設けられた発光層に輸送される電子を制限することができ、当該発光層においての電子と正孔との再結合確率を増加させて発光強度を強めることができる。一方、陽極側に設けられた発光層の発光強度が弱い場合、この発光層の陰極側に電子輸送性かつ正孔阻止性の中間層を設けることにより、陽極側に設けられた発光層に輸送される電子の量を増加させるとともに陰極側に設けられた発光層に輸送される正孔を制限することができ、当該発光層においての電子と正孔との再結合確率を増加させて発光強度を強めることができる。

20

## 【0011】

さらに発光層は、陽極側から赤色発光層、緑色発光層、青色発光層の順に発光層を積層させた構成とすることにより、赤色発光層での発光効率を十分に確保しつつ、赤色発光層よりも陰極側の緑色発光層および青色発光層に十分に正孔を注入できる構成とすることができます。

30

## 【0012】

この場合、緑色発光層と青色発光層との間に、正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けることとする。これにより、最も陰極側に設けられた青色発光層への正孔の注入が助長されるとともに緑色発光層への電子の注入を制限でき、青色発光層における再結合確率が確保される。これによっても、バランスの良好な白色発光が得られるようになる。このとき、緑色発光層への電子注入の障壁を設けるために、中間層のLUMOのエネルギーレベル（エネルギーの値）が緑色発光層のホスト材料となる電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。

40

## 【0013】

またこの場合、赤色発光層と緑色発光層との間に、正孔輸送性かつ電子阻止性の中間層を設けても良い。これにより、中間層よりも陰極側に設けられた青色発光層および緑色発光層への正孔の注入が助長されるとともに、赤色発光層への電子の注入を制限でき、青色発光層および緑色発光層における再結合確率が確保される。これによっても、バランスの良好な白色発光が得られるようになる。このとき、赤色発光層12への電子注入の障壁を設けるために、中間層のLUMOのエネルギーレベルが赤色発光層の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。こうすることで、赤色発光層への電子の注入を制限することができる。

50

## 【0014】

また、本発明の表示装置は、上述した有機EL素子の光取り出し面側にカラーフィルタを設けたことを特徴としている。

## 【0015】

このような表示装置によれば、各発光色のバランスに優れた複数の有機EL素子に各色のカラーフィルタを組み合わせることにより、各発光色の光をバランス良く取り出すこと

ができる。

### 【発明の効果】

#### 【0016】

以上説明したように本発明の有機EL素子によれば、異なる波長領域の光をバランス良く高効率で発光させることが可能となる。したがって、青、緑、赤の各発光色の発光層を積層させることで、発光強度のバランスが良好で発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。また、この有機EL素子とカラーフィルタと組み合わせた表示装置によれば、各発光色の光をバランス良く取り出すことができ、色再現性に優れた表示が可能となる。パネルを構成することが可能になる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0017】

以下、本発明の有機EL素子の構成を図面に基づいて詳細に説明する。図1および図2は、本発明の有機EL素子を模式的に示す断面図である。

#### 【0018】

これらの図に示す有機EL素子1, 1'は、例えば表示装置を構成する基板2の各画素に設けられたものであり、基板2側から順に、陽極3、有機層4および陰極5を積層してなり、保護膜6で気密に覆われた構成となっている。特に、図1に示す有機EL素子1は、この有機EL素子1で発光した発光光hを基板2と反対側から取り出す、いわゆるトップエミッション型として構成されている。一方、図2に示す有機EL素子1'は、この有機EL素子1'で発光した発光光hを基板2側から取り出す、いわゆるボトムエミッション型として構成されている。

#### 【0019】

次に、これらの有機EL素子1, 1'を構成する各部の詳細な構成を、基板2、陽極3、陽極3と対をなす陰極5、これらの陽極3と陰極5との間に狭持された有機層4の順に説明する。

#### 【0020】

##### <基板>

先ず、基板2は、ガラス、シリコン、プラスチック基板、さらにはTFT (thin film transistor) が形成されたTFT基板などからなり、特に図2に示すボトムエミッション型の有機EL素子の場合には、この基板2は光透過性を有する材料で構成されることとする。また、有機EL素子1, 1'を他の表示素子と組み合わせて用いる場合には、他の表示素子と基板を共用することもできる。

#### 【0021】

##### <陽極>

そして、この基板2上に設けられた陽極3は、仕事関数の大きな導電性材料で構成されていることとする。仕事関数の大きな導電性材料としては、たとえば、ニッケル、銀、金、白金、パラジウム、セレン、ロジウム、ルテニウム、イリジウム、レニウム、タンクステン、モリブデン、クロム、タンタル、ニオブやこれらの合金、あるいは酸化錫(SnO<sub>2</sub>)、酸化インジウム錫(ITO: Indium tin oxide)、酸化亜鉛、酸化チタン等がある。

#### 【0022】

##### <陰極>

一方、この陽極3と電源8を介して接続されている陰極5は、仕事関数が小さな導電性材料を用いて構成されている。このような導電性材料としては、たとえば、Li、Mg、Ca等の活性な金属とAg、Al、In等の金属との合金、或いはこれらを積層した構造を使用できる。また、有機層4との間に例えば、Li、Mg、Ca等の活性な金属とフッ素、臭素等のハロゲンや酸素等との化合物層を薄く挿入した構造としても良い。

#### 【0023】

そして、これらの陽極3および陰極5のうち、この有機層4で生じた発光光hを取り出す側となる電極は、上述した材料の中から光透過性を有する材料を適宜選択して用いるこ

とし、用途に合った光透過率が得られるようにその膜厚が調整されていることとする。一方、他方の電極には、反射率の良好な材料を適宜選択して用いることとする。

#### 【0024】

また、陽極3および陰極5は、この有機EL素子1, 1'によって構成される表示装置の駆動方式によって適する形状にパターニングされていることとする。例えば、この表示装置の駆動方式が単純マトリックス型である場合には、この陽極3および陰極5は互いに交差するストライプ状に形成され、これらが交差した部分が有機EL素子1, 1'となる。また、表示装置の駆動方式が画素毎にTFTを備えたアクティブマトリックス型である場合には、陽極3は複数配列された各画素に対応させてパターン形成され、同様に各画素に設けられたTFTに対して、これらのTFTを覆う層間絶縁膜に形成されたコンタクトホール（図示省略）を介してそれぞれが接続される状態で形成されることとする。一方、陰極5は、基板2上の一面を覆う状態で成膜されたベタ膜状に形成されて良く、各画素に共通の電極として用いられることとする。ただし、表示装置の駆動方式としてアクティブマトリックス型を採用する場合には、図1に示したトップエミッション型の有機EL素子1を用いることで素子の開口率を向上させることができが好ましい

#### 【0025】

##### <有機層>

そして、これらの陽極3と陰極5との間に狭持される有機層4は、陽極3側から順に、正孔輸送層10、赤色発光層11、緑色発光層12、中間層a、青色発光層13、電子輸送層14を積層してなる。特に、緑色発光層12と青色発光層13との間に中間層aを設けたことが特徴になる。以下、層10-15、中間層aの順にこれらの各層の構成を説明する。

#### 【0026】

##### <正孔輸送層>

先ず、陽極3上に設けられる正孔輸送層10は、正孔を輸送するように設計された層である。この正孔輸送層10は、正孔輸送性能を向上させるために、複数種の正孔輸送材料を積層した構成であっても良い。

#### 【0027】

この正孔輸送層10を形成する材料（正孔輸送性材料）としては、例えはベンジン又はその誘導体、スチリルアミン又はその誘導体、トリフェニルメタン又はその誘導体をはじめ、ポルフィリン又はその誘導体、トリアゾール又はその誘導体、イミダゾール又はその誘導体、オキサジアゾール又はその誘導体、ポリアリールアルカン又はその誘導体、フェニレンジアミン又はその誘導体、アリールアミン又はその誘導体、オキサゾール又はその誘導体、アントラセン又はその誘導体、フルオレノン又はその誘導体、ヒドラゾン又はその誘導体、スチルベン又はその誘導体、フタロシアニンまたはその誘導体、ポリシラン系化合物、ビニルカルバゾール系化合物、チオフェン系化合物、アニリン系化合物等の複素環式共役系のモノマー、オリゴマー、ポリマー等が挙げられる。

#### 【0028】

このような正孔輸送性材料の具体的な例としては、 $\alpha$ -ナフチルフェニルジアミン（ $\alpha$ -NPD）、ポルフィリン、金属テトラフェニルポルフィリン、金属ナフタロシアニン、4, 4', 4''-トリメチルトリフェニルアミン、4, 4', 4''-トリス（3-メチルフェニルフェニルアミノ）トリフェニルアミン（m-MTDATA）、N, N, N', N'-テトラフェニル-4, 4'-ジアミノビフェニル、N-フェニルカルバゾール、4-ジ-p-トリルアミノスチルベン、ポリ（パラフェニレンビニレン）、ポリ（チオフェンビニレン）、ポリ（2, 2'-チエニルピロール）等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

#### 【0029】

##### <赤色発光層>

次に、この正孔輸送層10上に設けられた赤色発光層11は、正孔輸送層10から注入

10

20

30

40

50

した正孔の一部がこの赤色発光層11内において再結合して赤色の発光を得られ、残りの発光に寄与しない正孔が緑色発光層12に輸送され、緑色および青色発光に寄与することが好ましい。

**[0030]**

このような赤色発光層11は、a) 赤色発光材料（蛍光性または磷光性）、b) 正孔輸送性材料、c) 電子輸送性材料、さらにはd) 両電荷輸送性材料の中から適宜必要とされる材料を組み合わせて構成される。これらの各材料は、発光性能および正孔輸送性能が確保されるように、必要に応じて下記に示す各材料カテゴリーの中から単数または複数の材料が適宜選択して用いられる。

**[0031]**

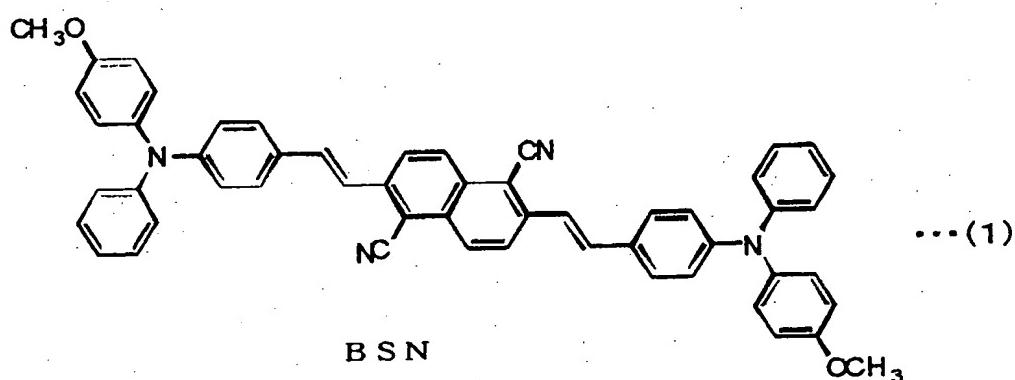
すなわち、上記材料カテゴリーとしては、シクロペントジエン誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、トリフェニルアミン誘導体、オキサジアゾール誘導体、パソフェナントロリン誘導体、ピラゾロキノリン誘導体、スチリルベンゼン誘導体、スチリルアリーレン誘導体、アミノスチリル誘導体、シロール誘導体、チオフェン環化合物、ピリジン環化合物、ペリノン誘導体、ペリレン誘導体、オリゴチオフェン誘導体、クマリン誘導体、ルブレン誘導体、キナクリドン誘導体、スクアリウム誘導体、ポルフィリノ誘導体、スチリル系色素、テトラセセン誘導体、ピラゾリン誘導体、トリフマニルアミン誘導体、アントラセン誘導体、ジフェニルアントラセン誘導体、ピレン誘導体、カルバゾール誘導体、オキサジアゾールダイマー、ピラゾリンダイマー、アルミキノリノール錯体、ベンゾキノリノールベリリウム錯体、ベンゾオキサゾール亜鉛錯体、ベンゾチアゾール亜鉛錯体、アゾメチル亜鉛錯体、ポルフィリン亜鉛錯体、ユーロビウム錯体、イリジウム錯体、白金錯体等、中心金属にA1、Zn、Be、Pt、Ir、Tb、Eu、Dy等の金属を有し、配位子にオキサジアゾール、チアジアゾール、フェニルピリジン、フェニルベンゾイミダゾール、キノリン構造等を有する金属錯体等が例示される。

**[0032]**

特に、a) 赤色発光材料の具体例としては、スチリルアリーレン誘導体である下記式(1)に示すBSNが挙げられる。このような、スチリルアリーレン系材料は特開2002-226722に記載例があるが、ホスト材料に対して高濃度のドーピングが可能であり、トリフェニルアミン骨格を有するため正孔輸送性を有している。したがって、このような赤色発光材料を用いることで、効率的な赤色の発光と高い正孔輸送性を得ることができるために、この赤色発光層11を正孔輸送層10に接して成膜するのが好ましいのである。

**[0033]**

**[化1]**



**[0034]**

また、b) 正孔輸送性材料の具体例としては $\alpha$ NPD、c) 電子輸送性材料の具体例としてはスチリルアリーレン誘導体である下記式(2)に示すDPVBが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

**[0035]**

10

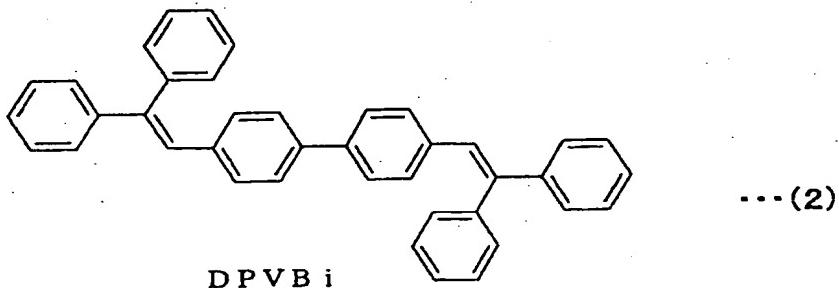
20

30

40

50

## 【化2】



10

## 【0036】

## &lt;緑色発光層&gt;

そして、この赤色発光層11上に設けられた緑色発光層12は、正孔と電子の両方の電荷輸送性を有していることが好ましく、こうすることによって赤色発光層11から注入された正孔の一部を緑色発光層12内で発光に寄与させ、残りを青色発光層13に輸送すると共に、青色発光層13側から注入された電子の一部を緑色発光層12内で発光に寄与させ、残りを赤色発光層11に輸送する。これにより、赤、緑、青のそれぞれの発光層11, 12, 13から発光が得られるようになる。

20

## 【0037】

このような緑色発光層12に両電荷輸送性を持たせる方法としては（1）両電荷輸送性ホストに緑色発光材料をドープする、（2）正孔輸送性ホストに電子輸送性緑色発光材料をドープする、（3）電子輸送性ホストに正孔輸送性緑色発光材料をドープする、（4）正孔輸送性材料と電子輸送性材料の混合ホストに緑色発光材料をドープする、等の方法が考えられる。このとき、緑色発光層12内の正孔輸送材料としては正孔輸送層に用いる正孔輸送材料でもよい。また、緑色発光層12内の電子輸送材料としては、次に説明する青色発光層13を構成する電子輸送性ホスト材料を用いても良い。

20

## 【0038】

このような緑色発光層12を構成する材料としては、上述した材料カテゴリーの中から单数または複数の材料が適宜選択して用いられる。

30

## 【0039】

さらに、緑色発光層12は、正孔輸送層10側に赤色発光層11がある本発明の有機EL素子1においては、赤色発光層11と青色発光層13との間に設けるのが好ましい。これは、（1）赤色発光層11と青色発光層13が隣接する場合には青色発光層13でできた励起子のエネルギーは赤色発光層11層に移動しやすく、青色の強度が得られにくくこと、（2）青色発光層13を赤色発光層11と緑色発光層12の間に設ける場合、励起子のエネルギーは赤色発光層11と緑色発光層12の両方に奪われてしまうこと、等の問題があるためである。また、両電荷輸送性の緑色発光層12の構成として、例えば電子輸送性ホストに正孔輸送性緑色発光材料をドープするような構成をとった場合は、有機層4を構成する各層の成膜において2元共蒸着で白色デバイスとして機能させることが可能であり、3元共蒸着のような複雑な製造プロセスが不要になるため好ましい。

40

## 【0040】

## &lt;青色発光層&gt;

次いで、緑色発光層12上に中間層aを介して設けられる青色発光層13は、電子輸送性を有していることとする。これにより、電子輸送層14から青色発光層13に注入された電子の一部は青色発光層13内で青色発光に寄与し、残りは緑色発光層12に輸送されることで緑色及び赤色発光に寄与する。

## 【0041】

青色発光層12は、a) 青色発光材料（蛍光性または燐光性）、b) 正孔輸送性材料、c) 電子輸送性材料、さらにはd) 両電荷輸送性材料のなかから適宜必要とされる材料を

50

組み合わせて構成される。これらの各材料は、発光性能および正孔輸送性能が確保されるように、必要に応じて上述した各材料カテゴリーの中から単数または複数の材料が適宜選択して用いられる。

#### 【0042】

特に、a) 青色発光材料の具体例としては、ペリレンを挙げることができ、b) 正孔輸送性材料の具体例としては  $\alpha$ -NPD、c) 電子輸送性材料の具体例としてはスチリルアリーレン誘導体である上記した式(2)のDPVBiが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

#### 【0043】

また、青色発光層13は、緑色発光層12側から順に両電荷輸送性青色発光層と電子輸送性青色発光層とを積層した構成であっても良い。青色発光層13をこのような積層構造とすることにより、青色発光層13内全体に効率よく正孔を運ぶことができ、高効率かつ安定的な色純度の高い発光が可能となる。青色発光層13に両電荷輸送性を持たせる方法としては(1)両電荷輸送性ホストに青色発光材料をドープする、(2)正孔輸送性ホストに電子輸送性青色発光材料をドープする、(3)電子輸送性ホストに正孔輸送性青色発光材料をドープする、(4)正孔輸送性材料と電子輸送性材料の混合ホストに青色発光材料をドープする、等の方法が考えられる。

#### 【0044】

本発明の青色発光層13は、青色発光層13内で電荷の再結合により生じた励起子のエネルギーが、赤色発光層11や緑色発光層12に移動するのをなるべく小さくして青色発光層13においての発光に寄与する構成とするため、最も陰極5側に青色発光層13を設けるのが好ましい。

#### 【0045】

##### <電子輸送層>

また、青色発光層13と陰極5との間に設けられた電子輸送層14は、電子を輸送するように設計された層である。この電子輸送層14は、電子輸送性能を向上させるために、複数種の電子輸送材料を積層した構成であっても良い。

#### 【0046】

このような電子輸送性材料として使用可能な材料としては、8-ヒドロキシキノリンアルミニウム(A1q3)、8-ヒドロキシメチルキノリンアルミニウム、アントラセン、ナフタレン、フェナントレン、ピレン、クリセン、ペリレン、ブタジエン、クマリン、アクリジン、スチルベン、又はこれらの誘導体等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

#### 【0047】

##### <中間層>

次いで、上述した緑色発光層12と青色発光層13との間に設けられた中間層aは、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが、緑色発光層12や青色発光層13を構成する材料のHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きい有機材料で構成されていることとする。ここでは、青色発光層13で生じた励起子のエネルギーが緑色発光層12に移動することを防止するために、緑色発光層12の発光材料であるドーパントのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが大きい有機材料で中間層を構成することとする。

#### 【0048】

また、上述した各発光層11、12、13での発光において、中間層aの陽極3側に配置されている緑色発光層12での発光強度が強く、中間層aの陰極5側に配置されている青色発光層13での発光強度が弱い場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有しさらに正孔輸送性かつ電子阻止性を有する材料を用いて中間層aを構成するようとする。一方、発光強度がこれと逆の場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有しさらに電子輸送性かつ正孔阻止性を有する材料を用いて中間層aを構成するようとする。尚、ここでは、中間層aが正孔輸送性かつ電子阻止性であることとする。

10

20

30

40

50

## 【0049】

このような特性を有する中間層aを構成する有機材料としては、正孔輸送層10に使用可能な材料、発光層11～13に使用可能な材料、および電子輸送層14に使用可能な材料の中から適宜選択して用いられる。この場合、この中間層aに隣接して配置される発光層12、13を構成する材料のエネルギーギャップ特性を考慮し、中間層aとして上述した各特性が得られるような材料が選択されることとする。本実施形態の有機EL素子1、1'に用いられる有機材料の具体的な例としては、TPD、 $\alpha$ -NPD、CBP等の正孔輸送性があり、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップの比較的大きな材料が挙げられる。

## 【0050】

また、この中間層aは、膜厚が0.1nm～20nmの範囲、さらに好ましくは中間層aの膜厚は0.5nm～10nmの範囲で設定されることとする。こうすることで中間層aは十分に機能を發揮するのである。つまり、中間層aの膜厚がこの範囲よりも薄いと、中間層aを設けたことによる下記の効果を十分に得ることができない。一方、中間層aの膜厚がこの範囲よりも厚いと、有機層4の厚膜化による駆動電圧の上昇や、駆動寿命の低下、電荷再結合領域の制御が不十分になるのである。

## 【0051】

尚、この中間層aの配置位置は、緑色発光層12と青色発光層13との間に限定されることはなく、各発光層間に設けることができる。本実施形態であれば、緑色発光層12～青色発光層13間および赤色発光層11～緑色発光層12間の少なくとも一方に設けられる。また、さらに複数の発光層を積層させた場合には、各発光層間に中間層aを設けることができる。ただし、何れの位置に設けられる中間層aと、この中間層aに隣接して配置される発光層の特性を考慮して上述同様の特性を備えていることとする。

## 【0052】

また、以上述べたような積層構造で構成された有機層4は、周知の方法にて合成された各有機材料を用いて、真空蒸着やスピンドルコートなどの周知の方法を適用して行うことができる。

## 【0053】

そして、上述した構成の有機EL素子1、1' とカラーフィルタとを組み合わせてフルカラーの表示装置を構成する場合には、複数の有機EL素子1、1' のそれぞれの光取り出し面側に、青、緑、赤の波長領域の光のみを透過するカラーフィルタを設けた構成とする。

## 【0054】

以上説明した構成の有機EL素子1、1' によれば、緑色発光層12と青色発光層13との間に中間層aを設けたことにより、緑色発光層12と青色発光層13とのそれぞれで電荷再結合して生成した励起のエネルギーが、緑色発光層12～青色発光層13間を移動し難くなる。特に、このような積層構造の有機EL素子1、1'においては、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが大きい青色発光層13で発生した励起子のエネルギーが緑色発光層12に移動する場合があり、青色発光層13での発光強度が低下する場合があった。しかしながら、本実施形態においては、中間層aのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップを、緑色発光層12の発光材料であるドーパントのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップよりも大きくしたことにより、青色発光層13内で生成した励起子エネルギーが緑色発光層12に移動し難く、青色発光層13での青色発光の強度を高く保つことが可能である。また、中間層aにエネルギーが移動してこの中間層aにおいてエネルギーが放出されることもない。

## 【0055】

しかも、最も陽極3側を赤色発光層11としたことにより、高濃度でドープ可能な正孔輸送性赤色発光材料を用いて赤色発光層11を構成し、赤色発光層11よりも陰極5側の緑色発光層12および青色発光層13に正孔を輸送し易い構成とすることができる。

## 【0056】

10

20

30

40

50

このような状態において、特に本実施形態の中間層aが正孔輸送性および電子阻止性を有する構成となっているため、この中間層aよりも陰極5側に設けられた青色発光層13にまで十分に正孔を輸送できるとともに緑色発光層12への電子の注入を制限でき、青色発光層13においての電子と正孔との再結合確率を高めることができる。このことからも、青色発光の強度を高めることができある。このとき、緑色発光層12への電子注入の障壁を設けるために、正孔輸送性を有する中間層aのLUMOのエネルギーレベルが緑色発光層12のホスト材料となる電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。このような構成をエネルギーレベルで示すと、図3のようになる。すなわち、陽極3と陰極5との間に、陽極3側から正孔輸送層10、赤色発光層11、緑色発光層12、中間層a、青色発光層13、電子輸送層14を積層させた構成である場合において、中間層aのLUMOのエネルギーレベル【すなわちエネルギー：Energy (eV) の値】が緑色発光層のホスト材料となる電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベル【すなわちエネルギー：Energy (eV) の値】よりも高いことが好ましいのである。こうすることで、緑色発光層12への電子の注入を制限することができる。

#### 【0057】

したがって、それぞれの発光層11, 12, 13において、バランスの良好で高効率な各色発光が取りだされ、各色の発光強度のバランスが良好で、かつ発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。

#### 【0058】

尚、以上説明した実施形態においては、中間層aが緑色発光層12と青色発光層13との間に配置される場合を例示した。しかしながら上述したように、中間層は、緑色発光層12—青色発光層13間および赤色発光層11—緑色発光層12間の少なくとも一方に設ければ良いのであり、何れの位置に設けられる中間層であっても、これらの中間層に隣接して配置される発光層の特性を考慮して上述同様の特性を備えていることとする。

#### 【0059】

例えば、図4に示すように、赤色発光層11—緑色発光層12間にも中間層a'を設けた有機EL素子1”では、この中間層a'は、HOMO—LUMO間のエネルギーギャップが、赤色発光層11や緑色発光層12を構成する材料のHOMO—LUMO間のエネルギーギャップよりも大きい有機材料で構成されていることとする。具体的な一例としては、緑色発光層12で生じた励起子のエネルギーが赤色発光層11に移動することを防止するために、赤色発光層11の発光材料であるドーパントのHOMO—LUMO間のエネルギーギャップよりも、HOMO—LUMO間のエネルギーギャップが大きい有機材料で中間層a'を構成することとする。

#### 【0060】

そして、上述した実施形態と同様に、赤色発光層11と緑色発光層12との間に配置された中間層a'の陽極3側に配置されている赤色発光層11での発光強度が強く、中間層a'の陰極5側に配置されている緑色発光層12での発光強度が弱い場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有しさらに正孔輸送性かつ電子阻止性を有する材料を用いて中間層aを構成するようにする。一方、発光強度がこれと逆の場合には、上述したエネルギーギャップ特性を有しさらに電子輸送性かつ正孔阻止性を有する材料を用いて中間層a'を構成するようにする。

#### 【0061】

このような構成の有機EL素子1”であれば、赤色発光層11と緑色発光層12との間に中間層a'を設けたことにより、赤色発光層11と緑色発光層12とのそれぞれで電荷再結合して生成した励起のエネルギーが、赤色発光層11—緑色発光層12間を移動し難くなる。また特に、中間層a'が正孔輸送性および電子阻止性を有する構成となれば、この中間層a'よりも陰極5側に設けられた緑色発光層12および青色発光層13にまで十分に正孔を輸送できるとともに、赤色発光層11への電子の注入を制限でき、緑色発光層12および青色発光層13においての電子と正孔との再結合確率を高めることができる。このとき、赤色発光層11への電子注入の障壁を設けるために、正孔輸送性を

有する中間層a'のLUMOのエネルギーレベルが赤色発光層11の電子輸送性成分のLUMOのエネルギーレベルよりも高いことが好ましい。こうすることで、赤色発光層11への電子の注入を制限することができる。

#### 【0062】

したがって、上述した実施形態と同様に、それぞれの発光層11, 12, 13において、バランスの良好で高効率な各色発光が取りだされ、各色の発光強度のバランスが良好で、かつ発光効率の良好な白色発光を得ることが可能になる。

#### 【0063】

また、以上説明した実施形態においては、陽極3側から順に赤色発光層11、緑色発光層12、青色発光層13の順に積層された構成を説明したが、本発明はこのような積層順に限定されることではなく、逆の積層順であっても良い。ただしこの場合、各発光層の電荷輸送性も、適宜変更されることになる。すなわち、最も陽極3に設けられた青色発光層は少なくとも正孔輸送性を有し、この陰極5側に設けられた緑色発光層は両電荷輸送性を有し、また、最も陰極5側に設けられた赤色発光層は少なくとも電子輸送性を有していることとする。このような構成であっても、各発光層間に設けられる中間層の特性は、上述したと同様に考えられ、同様の効果を得ることができる。

10

#### 【0064】

例えば、最も陽極3側の青色発光層とその陰極5側の緑色発光層との間に、HOMO-LUMO間のエネルギーギャップが上述したように大きい中間層を設けることにより、青色発光層と緑色発光層で生じた励起子のエネルギーの移動を防止できる。また、このような構成において、この中間層を電子輸送性かつ正孔阻止性とすることにより、陽極3側に配置された青色発光層での電荷の再結合確率を高めることができ。このとき、緑色発光層12への正孔注入の障壁を設けるために、中間層のHOMOのエネルギーレベルを緑色発光層12の正孔輸送性成分のHOMOのエネルギーレベルよりも低くすることで緑色発光層12への正孔注入を制限できる。

20

#### 【0065】

一方、この中間層を正孔輸送性かつ電子阻止性とすることにより、中間層よりも陰極5側に配置された緑色発光層や赤色発光層での電荷の再結合確率を高めることができ。

#### 【0066】

30

さらに、本発明は、基板2上に陽極3を設け、この陽極3上有機層4および陰極5を積層した構成に限定されることもなく、基板2上に陰極を設け、この陰極上に有機層および陽極をこの順に積層した構成の有機EL素子にも適用可能である。尚、このような構成の場合でも、陰極および陽極の材料や膜厚を適宜選択することで、トップエミッション型およびボトムエミッション型の両方の構成が可能であり、上述した有機EL素子1, 1', 1"と同様の効果を得ることができる。

#### 【実施例】

#### 【0067】

#### <実施例1>

本実施例1では、図2を用いて説明したボトムエミッション型の有機EL素子1'を次のように作製した。

40

#### 【0068】

まず、30mm×30mmのガラス板からなる基板2上に、陽極3としてITO(膜厚約100nm)を形成し、さらに感光性有機絶縁材料により陽極3の中央部の2mm×2mmの発光領域以外を絶縁膜(図示省略)でマスクした有機EL素子用のセルを作製した。次に、開口を有する金属マスクを、各発光領域となる陽極3(ITO)の露出部上に開口を合わせた状態で基板2上に近接して配置し、 $10^{-4}$ Pa以下の真空下での真空蒸着法により、以下の有機層を順次形成した。

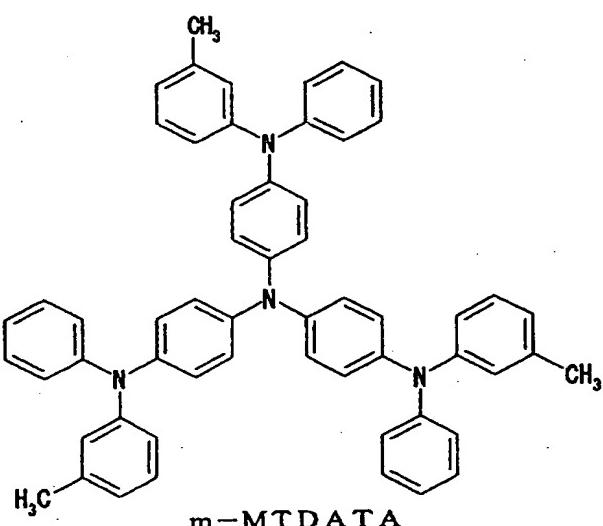
#### 【0069】

先ず、正孔輸送層10として、下記式(3)に示すm-MT DATA(4, 4', 4")

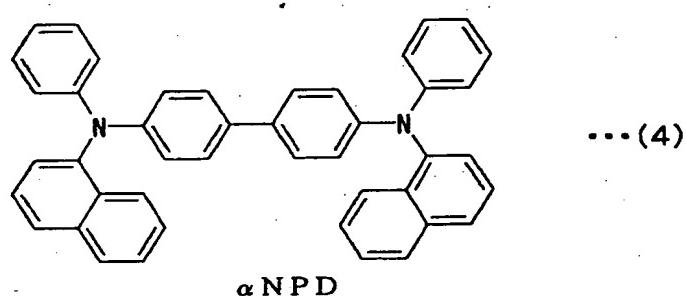
50

ートリス(3-メチルフェニルフェニルアミノ)トリフェニルアミンを20 nmの厚さで成膜し、次いで下記式(4)に示す $\alpha$ -NPD( $\alpha$ -ナフチルジアミン)を20 nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.1 nm/秒とした。

【化3】



10



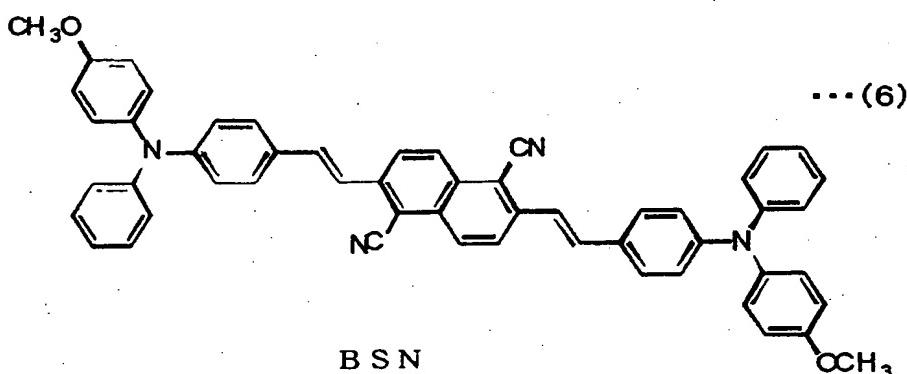
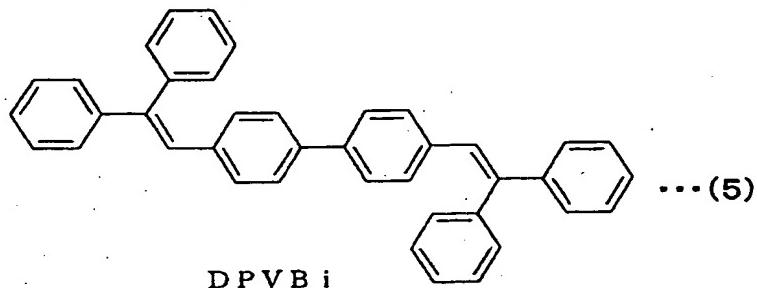
20

30

【0070】

次に、赤色発光層11として、下記式(5)に示すDPVBiをホストとし、赤色発光材料として下記式(6)に示すBSNを30%ドープした共蒸着膜を5 nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.2 nm/秒とした。

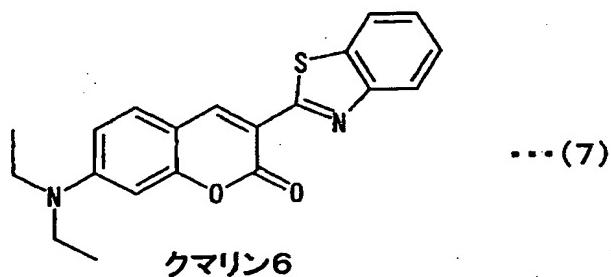
## 【化4】



## 【0071】

その後、緑色発光層12として、上記したDPVBi： $\alpha$ -NPD=1：1の比率のホストに、緑色発光材料として下記式(7)に示すクマリン6を1%ドープした共蒸着膜を10nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.2nm/秒とした。

## 【化5】



## 【0072】

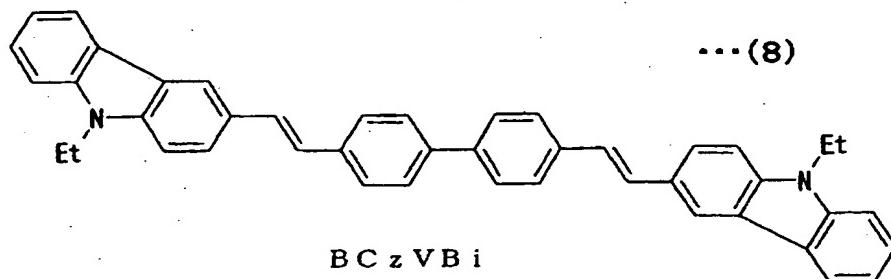
そして、正孔輸送性を有する中間層aとして、上記した $\alpha$ -NPDを3nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.1nm/秒とした。尚、 $\alpha$ -NPDは、そのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップが、緑色発光層12の緑色発光材料であるクマリン6のエネルギーギャップよりも大きい。また、 $\alpha$ -NPDのLUMOのエネルギーレベルは緑色発光層12の電子輸送成分であるDPVBiのLUMOのエネルギーレベルよりも高い。

40

## 【0073】

さらに、青色発光層13として、上記したDPVBiをホストとして青色の発光材料として、下記式(8)に示すBCzVBiを3%ドープした共蒸着層を30nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.2nm/秒とした。

## 【化6】

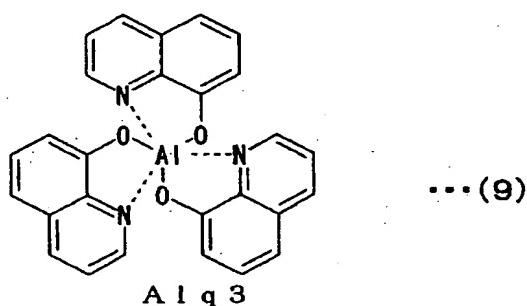


... (8)

## 【0074】

次いで、電子輸送層14として、下記式(9)に示すAlq3を20nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.2nm/秒とした。

## 【化7】



... (9)

## 【0075】

次に、陰極5として、MgとAgの共蒸着比10:1の薄膜を50nmの膜厚で成膜し、さらにAgを150nmの厚さに形成した。蒸着レートは0.5nm/秒とした。

## 【0076】

以上により作製した実施例1の有機EL素子の発光スペクトルを図5に示す。この図に示すように、実施例の有機EL素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。また、電流密度25mA/cm<sup>2</sup>で、輝度1337cd/m<sup>2</sup>、CIE色度(0.319, 0.294)の発光が、発光面においてムラ無く均一に得られた。

## 【0077】

## &lt;実施例2&gt;

本実施例2では、図4を用いて説明したボトムエミッション型の有機EL素子1”を作製した。尚、図6には、本実施例2においての有機層におけるエネルギーレベルの模式図を示す。

## 【0078】

この場合、上述した実施例1の有機EL素子の作製手順において、赤色発光層11と緑色発光層12との間に、中間層a'を形成する工程を加えたこと以外は、実施例1と同様にしてボトムエミッション型の有機EL素子1”を作製した。ただし、緑色発光層12と青色発光層13との間の中間層aは、膜厚2nm(実施例1では3nm)で形成した。また、赤色発光層11と緑色発光層12との間の中間層a'として、上記したα-NPDを2nmの厚さで成膜した。蒸着レートは0.1nm/秒とした。尚、中間層a'を構成するα-NPDは、そのHOMO-LUMO間のエネルギーギャップは、赤色発光層11の赤色発光材料であるBSNのエネルギーギャップよりも大きい。また、α-NPDのLUMOのエネルギーレベルは赤色発光層11の電子輸送成分となるBSNのLUMOのエネルギーレベルよりも高い。

## 【0079】

30

40

50

以上により作製した実施例2の有機EL素子の発光スペクトルを図7に示す。この図に示すように、実施例2の有機EL素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。また、電流密度25mA/cm<sup>2</sup>で、輝度1706cd/m<sup>2</sup>、CIE色度(0.324, 0.362)の発光が、発光面においてムラ無く均一に得られた。

#### 【0080】

##### <比較例>

比較例では、実施例1で作製した有機EL素子1'の構成から中間層aを省いた構成の有機EL素子を作製した。このような有機EL素子の作製は、上述した実施例の製造手順において、中間層aの形成手順を省いたこと以外は、実施例と同様の手順で有機EL素子を作製した。10

#### 【0081】

以上により作製した比較例の有機EL素子の発光スペクトルを図8に示す。この図に示すように、比較例の有機EL素子からは、青、緑、赤それぞれの発光成分が得られることが確認された。電流密度25mA/cm<sup>2</sup>で、輝度1311cd/m<sup>2</sup>、CIE色度(0.392, 0.390)であった。

#### 【0082】

しかしながら、図5、図7の発光スペクトル(実施例1, 2)と図8の発光スペクトル(比較例)とを比較すると、実施例の中間層を設けた有機EL素子の方が、青色発光成分が大きく白色発光としてバランスの取れた発光が得られることが確認された。20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0083】

【図1】実施形態の有機EL素子の構成を示す断面図である。

【図2】実施形態の有機EL素子の他の構成(実施例1)を示す断面図である。

【図3】実施形態の有機EL素子におけるエネルギーレベルを示す模式図である。

【図4】実施形態の有機EL素子のさらに他の構成(実施例2)を示す断面図である。

【図5】実施例1で作製した有機EL素子の発光スペクトル図である。

【図6】実施例2における有機膜のエネルギーレベルを示す模式図である。

【図7】実施例2で作製した有機EL素子の発光スペクトル図である。

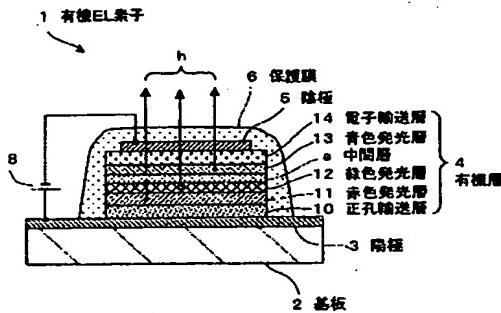
【図8】比較例で作製した有機EL素子の発光スペクトル図である。

#### 【符号の説明】

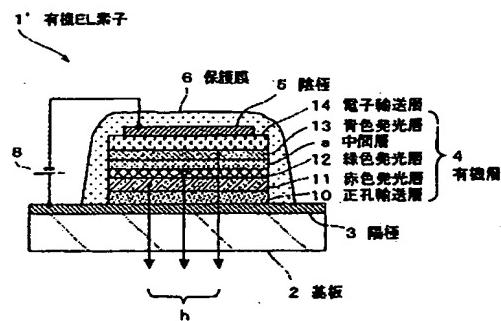
#### 【0084】

1, 1', 1''…有機EL素子、3…陽極、4…有機層、5…陰極、11…赤色発光層、12…緑色発光層、13…青色発光層、a, a'…中間層30

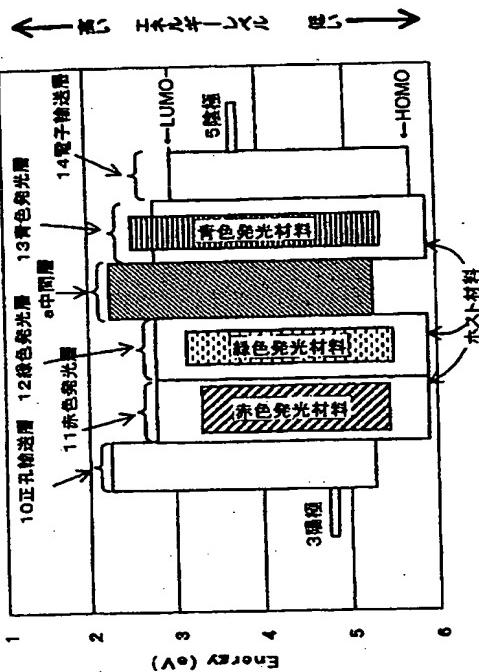
【図 1】



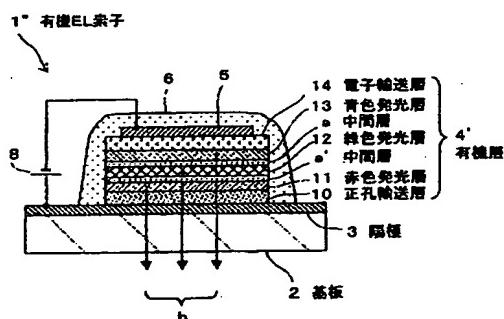
【図 2】



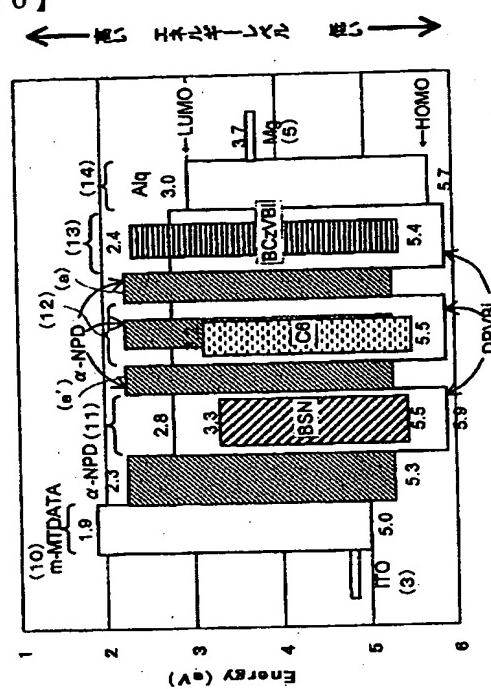
【図 3】



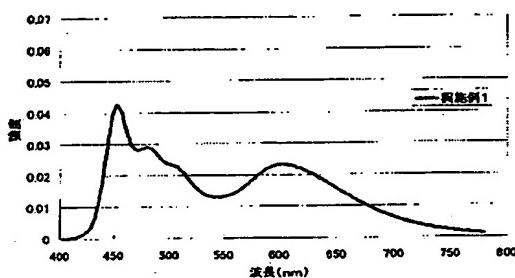
【図 4】



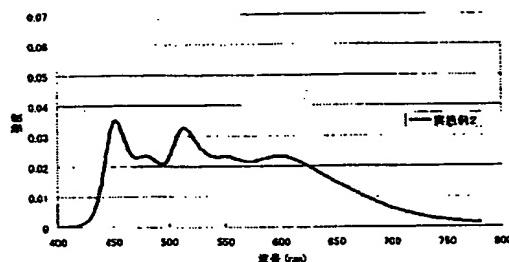
【図 6】



【図 5】



【図 7】



【図 8】

